

ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО  
ГОСПОДАРСТВА

**Калюжний Максим Володимирович**

УДК 656.13

**ВИЗНАЧЕННЯ ДОВЖИНИ ПЕРЕГОНУ МАРШРУТУ МІСЬКОГО  
ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ**

05.22.01 – транспортні системи

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2011

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Донецькій академії автомобільного транспорту

**Науковий керівник:** кандидат технічних наук,  
**Енглезі Ірина Павлівна,**  
Донецька академія автомобільного транспорту,  
ректор, м. Донецьк.

**Офіційні опоненти:** доктор технічних наук, професор  
**Поліщук Володимир Петрович,**  
Національний транспортний університет,  
завідувач кафедри «Транспортних систем та безпеки дорожнього руху», м. Київ.

кандидат технічних наук, доцент  
**Жук Микола Миколайович,**  
Інститут інженерної механіки та транспорту  
Національного університету «Львівська  
політехніка», кафедра «Транспортні технології»,  
доцент, м. Львів.

Захист дисертації відбудеться “15” квітня 2011 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.089.03 в Харківській національній академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківської національної академії міського господарства за адресою: 61002, м. Харків, вул. Революції, 12

Автореферат розісланий “12” березня 2011 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради

Линник І.Е.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Транспорт у місті відіграє дуже важливу роль. Він забезпечує життєдіяльність міста як цілісної системи з його адміністративними, економічними, культурно-просвітніми та іншими функціями. Зростання організованості міст призводить до підвищення вимог до міського транспорту. Це стимулює розвиток усіх видів транспорту, серед них і пасажирського. Параметри функціонування міського пасажирського транспорту визначають витрати часу населення міст на переміщення до місць прикладання праці та рівень транспортної утомлюваності під час здійснення трудової поїздки, які впливають на продуктивність праці. Непродуктивні витрати часу населення міста на рух транспортом займають значну частину доби. Зменшення цих витрат означає можливість корисного використання його у сфері матеріального виробництва і в культурно-побутових цілях. Зменшення витрат часу пасажирів на пересування можливе за рахунок різноманітних заходів, які можна поділити на дві складові: проектування міських транспортних систем і організацію руху міського транспорту. Перша реалізується в загальному комплексі завдань містобудівельного проектування, друга – за допомогою транспортних відділів міськвиконкомів та транспортними підприємствами. Реалізація означених заходів, неможлива без визначення розташування зупиночних пунктів маршрутів міського пасажирського транспорту. Це пов'язано як з облаштуванням зупиночних пунктів, так і з проектуванням параметрів технологічного процесу перевезення пасажирів. Розв'язання цього завдання потребує визначення раціональної довжини перегону маршрутів міського пасажирського транспорту, яка б забезпечувала мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Робота виконувалась згідно з положеннями «Програми удосконалення й розвитку транспортного обслуговування населення в Донецькій області на 2003 - 2008 рр.», «Програми розвитку дорожнього руху й підвищення його безпеки в м. Донецьк на 2008 - 2012 рр.».

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

Досягнення цієї мети вимагає постановки і розв'язання таких основних завдань:

- аналіз методів організації перевезень пасажирів для зменшення витрат часу на пересування;

- розробка математичних моделей, які описують вплив довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту на технічну швидкість транспортного засобу на перегоні маршруту і тривалість його простою на зупиночних пунктах;

- визначення закономірностей зміни середньої довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, залежно від параметрів перевізного процесу;

- розробка рекомендацій щодо визначення середньої довжини перегону міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

*Об'єкт дослідження* – процес перевезення пасажирів у містах автомобільним транспортом.

*Предмет дослідження* – закономірності зміни параметрів перевезення пасажирів залежно від довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту.

*Методи дослідження.* Проведені дослідження засновані на використанні принципів системного аналізу під час розгляду існуючих підходів до визначення раціональної довжини перегону; натурних спостережень при визначенні параметрів маршрутів та пасажиропотоків на них; теорії імовірності, математичної статистики і методів множинної кореляції при визначенні впливу факторів, що характеризує маршрут, на параметрі сполучення автобусів та визначенні впливу факторів маршрутної системи на раціональну довжину перегону.

### **Наукова новизна одержаних результатів:**

Набули подальшого розвитку закономірності зміни довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

Набули подальшого розвитку:

- науковий підхід до визначення часу простою транспортних засобів на зупиночних пунктах маршруту, який відрізняється від існуючих тим, що враховує усю сукупність зупиночних пунктів на маршруті;

- підхід до визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, який відрізняється від існуючих тим, що враховує вплив довжини перегону на технічну швидкість, час простою транспортного засобу на зупиночних пунктах та величину інтервалу між рухом транспортних засобів.

**Практичне значення одержаних результатів** полягає в тому, що розроблена модель зміни технічної швидкості руху транспортних засобів на перегоні маршруту дозволяє

оцінити вплив характеристик траси маршруту, транспортного засобу і водія на параметри руху. Запропонована модель зміни простою транспортних засобів на зупиночних пунктах маршруту дозволяє оцінити вплив характеристик транспортного засобу і пасажиропотоків на параметри простою. Ці моделі можуть бути використані при розв'язанні питань організації технологічного процесу перевезення пасажирів.

Виявлені закономірності зміни середньої довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, можуть бути використані при проектуванні мережі зупиночних пунктів у містах. Втілення розроблених рекомендацій з визначення середньої довжини перегону міського пасажирського автомобільного транспорту дозволяє зменшити витрати часу пасажирів на пересування. Результати виконаних досліджень складають методологічну базу, що забезпечує розв'язання завдань удосконалення організації пасажирських перевезень у містах з боку транспортних підприємств, місцевих органів влади, науково-дослідних організацій.

Впровадження запропонованих результатів на автобусних маршрутах перевезення пасажирів у містах Красноармійськ та Донецьк надало змогу покращити рівень перевезень пасажирів за рахунок вибору раціональної довжини перегону маршрутів та підвищити обсяги перевезень за рахунок підвищення привабливості маршрутів шляхом надання якісних транспортних послуг.

Результати дослідження були використані в Донецькій академії автомобільного транспорту при організації навчального процесу студентів, які навчаються спеціальностях напряму 1004 - "Транспортні технології".

**Особистий внесок здобувача** полягає у виборі методичних підходів до експериментальних досліджень та обробці результатів.

Усі наукові результати, що виносяться на захист, отримані особисто автором.

У публікаціях із співавторами особистий внесок автора полягає у наступному: аналізі факторів, що впливають на закономірності зміни технічної швидкості автобуса [1], аналізі факторів, що впливають на раціональну довжину перегону [5, 6]

**Апробація результатів дисертації.** Результати наукових розробок, отримані при виконанні дисертаційної роботи, доповідалися на:

- науковій конференції викладачів, аспірантів і співробітників Донецького інституту автомобільного транспорту (Донецьк, 2008 р.);
- міжнародній науково-практичній конференції «Логістичні проблеми управління транспортним комплексом» (Донецьк, 2009 р.);

- міжнародній науково - технічній конференції «Логістика промислових регіонів» Донецької академії автомобільного транспорту-Приазовського державного технічного університету (Донецьк-Маріуполь, 2010 р.).

В повному обсязі дисертація доповідалась на науковому семінарі кафедри «Технології міжнародних перевезень і логістики» Приазовського державного технічного університету (Маріуполь, 2010 р.).

**Публікації.** Основні теоретичні й практичні положення дисертаційної роботи опубліковані в 7 наукових статтях у фахових виданнях, що входять до переліку ВАК України, 1 тезах доповідей на наукових конференціях.

**Структура і обсяг дисертації.** Дисертація складається із вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Повний обсяг дисертації складає 193 сторінки. Дисертація містить список використаних джерел зі 170 найменувань, 8 додатків, 65 рисунків і 17 таблиць.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність дисертаційної теми. Визначені мета, завдання, методи дослідження, наукова новизна й практичне значення отриманих результатів і напрямки впровадження.

**Перший розділ** присвячений аналізу наукових підходів і методів визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту.

У розділі наведений аналіз методів удосконалення процесу перевезень пасажирів на міському пасажирському транспорті й наукових підходів до визначення довжини перегону на міських маршрутах перевезення пасажирів. Аналіз підходів до визначення довжини перегону на міських маршрутах перевезення пасажирів показав, що вони ґрунтуються на мінімізації витрат часу пасажирів на пересування. При цьому теоретично обґрунтовані рекомендації щодо вибору довжини перегону маршруту міського пасажирського транспорту не повністю враховують її вплив на технічну швидкість, час простою транспортного засобу на зупиночному пункті та величину інтервалу між рухом транспортних засобів.

Все це надало змогу встановити мету дослідження, яка полягає у визначенні довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

Значну допомогу у визначенні вихідної позиції автору надали наукові фундаментальні праці М.Б. Афанасьєва, М.Е. Антошвілі, М.Д. Блатнова, Г.А. Варелуполо, А.І. Воркута, В.К. Долі, Ю.О. Давідіча, І.С. Єфремова, В.П. Поліщука, Д.С. Самойлова, І.В. Спіріна, Б.М. Четверухіна, А.Г. Шибасєва та інших учених.

**У другому розділі** роботи проведено теоретичні дослідження методів визначення закономірностей зміни витрат часу пасажирів на пересування залежно від довжини перегону.

На основі аналізу методів моделювання було зроблено висновок, що найраціональнішими методами при дослідженні закономірностей зміни витрат часу пасажирів на пересування залежно від довжини перегону маршруту міського пасажирського транспорту є методи кореляційного і регресійного аналізу. Це дозволило провести виявлення та аналіз факторів, що впливають на довжину перегонів маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування. Були виділені фактори, що належать до техніко-експлуатаційних показників маршруту, описують пасажиропотоки на маршруті, визначають параметри транспортних засобів, характеризують дорожні умови. Для отримання вихідних даних, необхідних для побудови моделей зміни параметрів руху транспортних засобів залежно від довжини перегону, були проведені натурні обстеження. Після систематизації результатів обстеження були визначені параметри технологічного процесу перевезення пасажирів на маршрутах з різною довжиною перегонів.

Таким чином, після проведення натурального обстеження і обробки систематизації його результатів були отримані всі дані, необхідні для розробки моделей параметрів руху транспортних засобів, в залежності від довжини перегону маршруту міського пасажирського транспорту.

**У третьому розділі** викладено результати дослідження закономірностей зміни технічної швидкості транспортних засобів на перегоні маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту.

На підставі інформації, отриманої при проведенні обстеження, стає можливим математичний опис залежності між параметрами технологічного процесу перевезення пасажирів і умовами його виконання.

Графічне зображення експериментальних даних зміни технічної швидкості автобуса на перегоні маршруту в залежності від його довжини наведене на рис. 1.

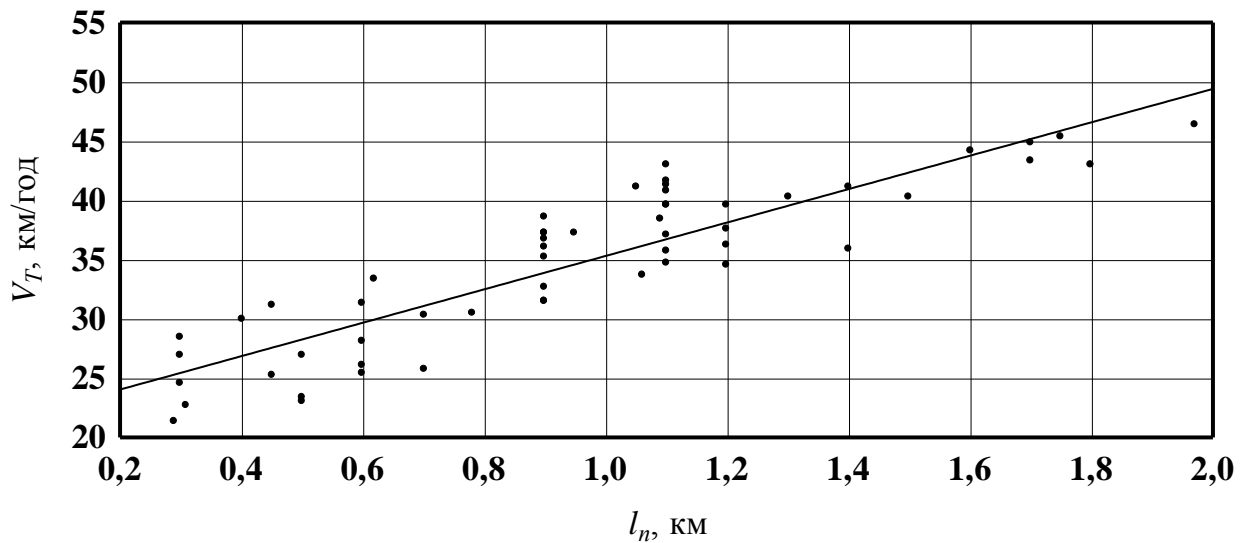


Рис. 1. Графік зміни технічної швидкості міського пасажирського автомобільного транспорту на перегоні маршруту в залежності від його довжини

Ця залежність може бути описана моделлю

$$V_T = 19,87 + 16,13l_n, \quad (1)$$

де  $l_n$  – довжина перегону, км.

З аналізу моделі (1) було зроблено висновок, що зі зростанням довжини перегону збільшується швидкість, яка може бути на ньому розвинена. Це зумовлює спроможність автобуса більш тривалий час рухатися з постійною швидкістю. Аналогічним чином було проаналізовано вплив на технічну швидкість факторів, що належать до техніко-експлуатаційних показників маршруту, описують пасажиропотоки на маршруті, визначають параметри транспортних засобів, характеризують дорожні умови.

На підставі отриманих результатів було розроблено багатфакторну модель зміни технічної швидкості при русі по перегону маршруту. Модель має наступний вигляд:

$$V_T = 20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c, \quad (2)$$

де  $\gamma$  – коефіцієнт використання місткості;  $V_{II}$  – швидкість транспортного потоку, км/год;  $U$  – питома потужність двигуна, кВт/т;  $K_c$  – коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою.

Результати статистичної оцінки розробленої багатфакторної регресійної моделі по-



казали, що вона адекватно описує процес, що досліджується, отже її можна застосовувати для подальших досліджень.

**Четвертий розділ** присвячено дослідженню закономірностей зміни часу простою автобуса на зупиночних пунктах маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту.

Довжина перегону визначає кількість зупиночних пунктів на маршруті. Вплив цього фактора на час простою автобуса на зупиночних пунктах маршруту і було досліджено. Графічне зображення експериментальних даних зміни часу простою автобуса на зупиночних пунктах маршруту залежно від кількості зупиночних пунктів наведено на рис. 2.

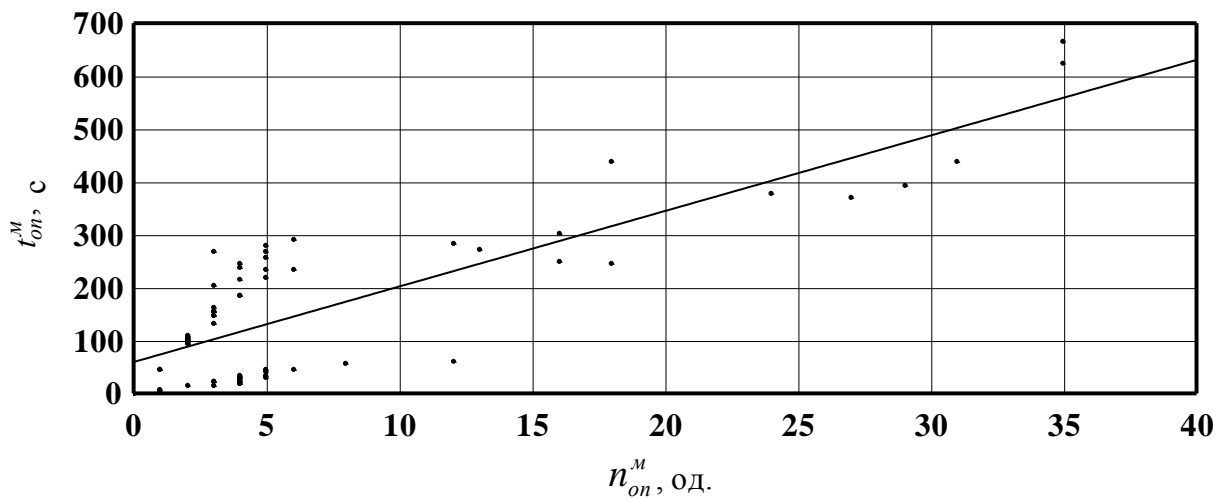


Рис. 2. Графік зміни часу простою автобуса на зупиночних пунктах маршруту залежно від кількості зупиночних пунктів на маршруті

Залежність може бути описана моделлю

$$t_{on}^M = 63,14 + 14,07n_{on}^M, \quad (3)$$

де  $n_{on}^M$  – кількість зупиночних пунктів на маршруті, од.

З графіка видно, що зі збільшенням кількості зупиночних пунктів на маршруті відбувається збільшення часу простою транспортного засобу на них. Це пояснюється більшим пасажирообміном зупинок.

Аналогічним чином було проаналізовано вплив на час простою факторів, що належать до техніко-експлуатаційних показників маршруту, описують пасажиропотоки на маршруті, визначають параметри транспортних засобів.

На підставі отриманих результатів було розроблено багатфакторну модель зміни часу простою автобуса на зупиночних пунктах маршруту. Модель має наступний вигляд:

$$t_{on}^M = 90,26\gamma + 6,48n_{on}^M + 1,89q_n + 67,55K_{cm}, \quad (4)$$

де  $q_n$  - номінальна місткість автобуса, пас.;  $K_{cm}$  - коефіцієнт змінюваності пасажирів.

Результати статистичної оцінки розробленої багатфакторної регресійної моделі показали, що вона адекватно описує процес, що досліджується, отже її можна застосовувати для подальших досліджень.

**У п'ятому розділі** наведені результати досліджень з визначення середньої довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу.

Цільову функцію визначення довжини перегонів маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту можна представити в наступному вигляді:

$$t_n = 2t_{neu}(l_n) + t_{ож}(l_n) + t_{mp}(l_n) \rightarrow \min, \quad (5)$$

де  $t_{neu}(l_n)$  - час пішохідного руху від пункту відправлення до зупиночного пункту або від зупиночного пункту до пункту призначення;  $t_{ож}(l_n)$  - час на очікування транспорту на зупиночному пункті;  $t_{mp}(l_n)$  - час руху в транспортному засобі.

Для розв'язання поставленої задачі всі складові залежності (5) були описані у вигляді функцій від довжини перегону. Виконавши необхідні перетворення, було отримано підсумковий вигляд цільової функції визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту:

$$\begin{aligned}
t_n = & \left( \frac{k_{im} k_{e.on}}{V_{neu}} \right) \left( \frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right) + \frac{0,8}{A} ((90,26\gamma + 6,48n_{on}^M + 1,89q_n + 67,55K_{cm}) + \\
& + (l_M / (20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c)) + t_k) + \\
& + \frac{l_{cp}}{20,83l_n - 7,43\gamma + 0,18V_{II} + 0,38U + 12,91K_c} + \\
& + (90,26\gamma + 6,48n_{on}^{cp} + 1,89q_n + 67,55K_{cm}) \rightarrow \min, \\
& \delta, l_n, \gamma, n_{on}^M, q_n, K_{cm}, l_M, \\
& V_{II}, U, K_c, l_{cp}, F_{max}, A \in \Omega
\end{aligned} \tag{6}$$

$$\Omega: n_{on}^{cp} = l_{cp}/l_n - 1; K_{cm} = l_M/l_{cp}; A > 0; 1,5 \leq \delta \leq 2,23 \text{ км/км}^2; 0,1 \leq l_n \leq 2 \text{ км}; 0,1 \leq \gamma \leq 1,3;$$

$$1 \leq n_{on}^M \leq 35 \text{ од.}; 12 \leq q_n \leq 162 \text{ пас.}; 1 \leq K_{cm} \leq 8,4; 5 \leq l_M \leq 25 \text{ км};$$

$$19 \leq V_{II} \leq 60 \text{ км/год}; 9,42 \leq U \leq 32,6 \text{ кВт/т}; 0,1 \leq K_c \leq 0,75; 1 \leq l_{cp} \leq 20 \text{ км};$$

$$100 \leq F_{max} \leq 4000 \text{ пас/год.}$$

Визначивши поєднання параметрів, що входять до цільової функції (6), можливо виявити раціональну довжину перегону, при якій витрати часу пасажирів на пересування будуть мінімальними.

На першому етапі був проведений аналіз зміни часу пересування залежно від факторів, які характеризують маршрут міського пасажирського транспорту. В якості вихідних даних використані значення параметрів маршрутів, діапазон зміни яких наведено в табл. 1.

Першою було проаналізовано зміну витрат часу пасажирів при здійсненні пересування залежно від довжини перегону (рис. 3). Наведене графічне зображення побудоване на підставі середньозважених величин досліджуваних факторів (табл. 1). На наведеному рисунку мінімальний загальний час пересування складає 34,97 хв. при середній довжині перегону 0,5 км. Визначити, який параметр визначає ці значення, досить складно, тому було проведено поетапне варіювання всіх складових витрат часу на пересування з метою виявлення закономірностей впливу кожного з них.

На рис. 3, 4, 5 наведена зміна загального часу пересування і довжини перегону при різних значеннях коефіцієнта використання місткості транспортних засобів  $\gamma$ . При цьому заданий параметр приймався рівним своєму мініимальному, середньому і максимальному зна-

ченню. При  $\gamma = 0,1$  загальні витрати часу на пересування склали 31,19 хв., а довжина перегону 0,4 км. При максимальних значеннях, довжина перегону суттєво збільшується, як показано на рис. 5. Вона складає 0,7 км. Можна зробити висновок, що таке збільшення коефіцієнта використання місткості автобуса призводить до зниження швидкості транспортного засобу і, тим самим, збільшує час пересування, який став 39,02 хв. Зміна часу пересування при середньому значенні коефіцієнта використання місткості наведена на рис. 3.

Аналогічним чином, було проаналізовано вплив на час пересування пасажирів усіх факторів (табл. 1). Результати досліджень показують, що зміна параметрів перевізного процесу призводить до зміни витрат часу на пересування. Проте, отримані результати не дозволяють оцінити ступінь впливу кожного з них.

Для оцінки цього впливу було проаналізовано зміну мінімального значення часу пересування і довжини перегону, що забезпечує це значення, залежно від величини досліджуваних параметрів. Кожен параметр має свій допустимий діапазон вимірювання, що представлений в табл. 1, в межах якого і проводилися дослідження. При цьому значення інших параметрів приймалися за середньозваженою величиною і не змінювалися.

На кожному етапі при дослідженні визначалися мінімальні витрати часу пасажирів на пересування та довжина перегону, яка забезпечує ці витрати. Результати розрахунків дозволили зробити висновки щодо закономірностей і ступеню впливу кожного з представлених параметрів.

На першому етапі цього розділу роботи досліджувалася щільність транспортної мережі, яка змінювалася в діапазоні від 1,4 до 2,5 км/км<sup>2</sup> (рис. 6).

Таблиця 1

Діапазони варіювання параметрів, що досліджувались

Найменування параметра	Одиниці вимірювання	Мінімальне значення	Середньозважене значення	Максимальне значення
Коефіцієнт використання місткості автобуса	$\gamma$	0,1	0,7	1,3
Значення пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту	$F_{max}$ , пас/год	500	1500	4000

Питома потужність двигуна автобуса	$U$ , кВт/т	9,42	18,2	32,6
Номінальна місткість транспортного засобу	$q_n$ , пас.	12	86	162
Коефіцієнт зчеплення колеса з дорогою	$K_c$	0,2	0,5	0,75
Щільність транспортної мережі	$\delta$ , км/км <sup>2</sup>	1,4	1,95	2,5
Швидкість транспортного потоку	$V_{II}$ , км/год	19	38	60
Довжина маршруту	$l_M$ , км	5	15	25
Середня відстань поїздки	$l_{cp}$ , км	1	5	20

Як видно з рис. 6 при всіх значеннях щільності транспортної мережі довжина перегону залишається постійною. При цьому змінюється тільки час пересування. У результаті цього був зроблений висновок, що щільність транспортної мережі не впливає на значення довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів при пересуванні. Внаслідок цього, використання цього показника в подальших дослідженнях за визначенням раціонального значення довжини перегону є недоцільним.

Графічне зображення зміни довжини перегону та мінімальних витрат часу при пересуванні залежно від швидкості транспортного потоку (рис. 7)

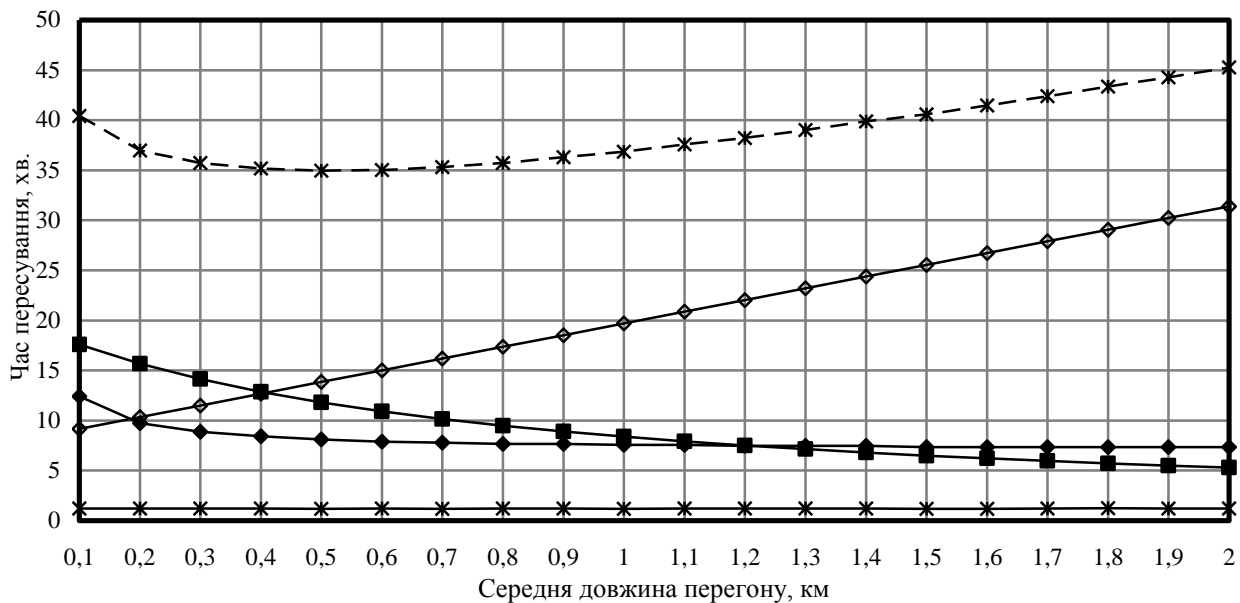


Рис. 3. Зміна витрат часу пасажирів при здійсненні пересування за наступних умов:  $\gamma = 0,7$ ;

$$K_c = 0,5; U = 18,2 \text{ кВт/т}; V_{II} = 38 \text{ км/год}; l_M = 15 \text{ км}; l_{cp} = 5 \text{ км}; q_n = 86 \text{ пас.};$$

$$F_{max} = 1500 \text{ пас/год}; \delta = 1,95 \text{ км/км}^2:$$

—◇— - час на пішохідний підхід до зупиночного пункту, хв.; —\*— - час на очікування транспортного засобу на зупиночному пункті, хв.; —◆— - час простою транспортного засобу на зупиночному пункті, хв.; —■— - час на пересування в транспортному засобі, хв.; - - \* - - загальний час пересування, хв.

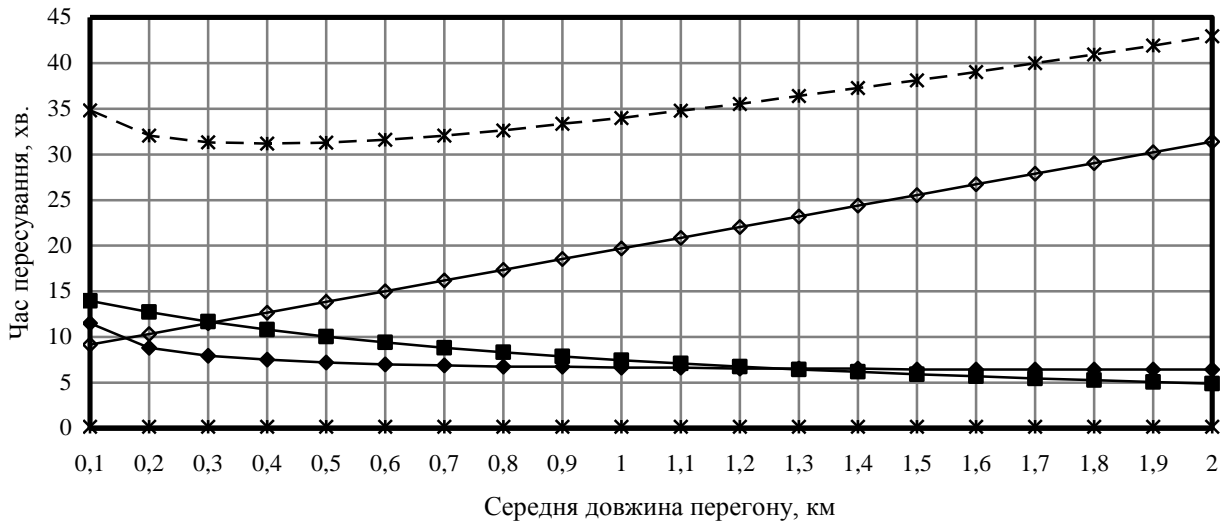


Рис. 4. Зміна витрат часу пасажирів при здійсненні пересування за наступних умов:  $\gamma = 0,1$ ;

$$K_c = 0,5; U = 18,2 \text{ кВт/т}; V_{II} = 38 \text{ км/год}; l_M = 15 \text{ км}; l_{cp} = 5 \text{ км}; q_n = 86 \text{ пас.};$$

$$F_{max} = 1500 \text{ пас/год}; \delta = 1,95 \text{ км/км}^2:$$

—◇— - час на пішохідний підхід до зупиночного пункту, хв.; —\*— - час на очікування транспортного засобу на зупиночному пункті, хв.; —◆— - час простою транспортного засобу на зупиночному пункті, хв.; —■— - час на пересування в транспортному засобі, хв.; - - \* - - загальний час пересування, хв.

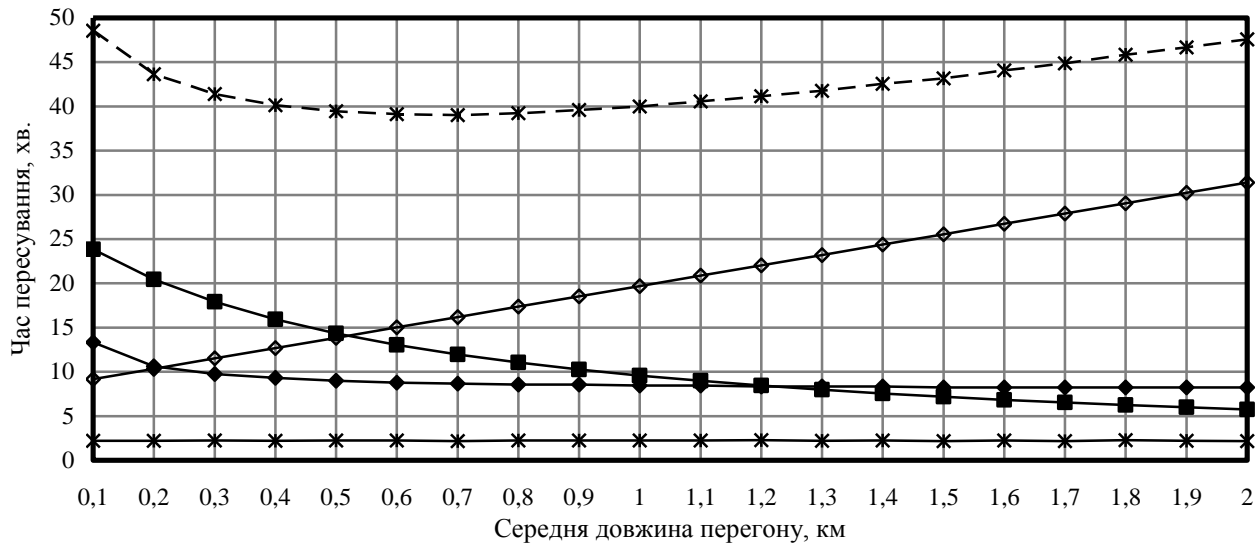


Рис. 5. Зміна витрат часу пасажирів при здійсненні пересування за наступних умов:  $\gamma = 1,3$ ;

$$K_c = 0,5; U = 18,2 \text{ кВт/т}; V_{II} = 38 \text{ км/год}; l_M = 15 \text{ км}; l_{cp} = 5 \text{ км}; q_n = 86 \text{ пас.};$$

$$F_{max} = 1500 \text{ пас/год}; \delta = 1,95 \text{ км/км}^2;$$

—◆— - час на пішохідний підхід до зупиночного пункту, хв.; —\*— - час на очікування транспортного засобу на зупиночному пункті, хв.; —●— - час простою транспортного засобу на зупиночному пункті, хв.; —■— - час на пересування в транспортному засобі, хв.; - - \* - загальний час пересування, хв.



Рис. 6. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від щільності транспортної мережі:

—◆— - витрати часу, хв.;  
—■— - середня довжина перегону, км.

показує, що досліджувані параметри зменшуватимуться при збільшенні значень цього фактору. Причому, при збільшенні швидкості на 40 км/год витрати часу зменшаться тільки на 3,5 хв. Отже, суттєва зміна швидкості транспортного потоку не дає відповідного зменшення часу пересування.

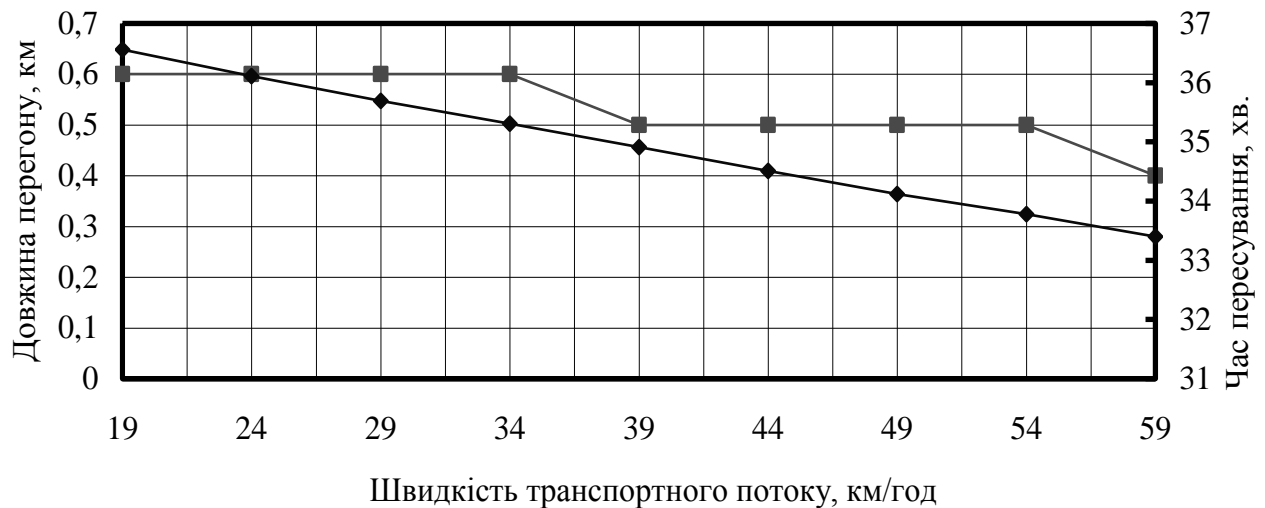


Рис. 7. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від швидкості транспортного потоку:

- ◆— - витрати часу, хв.;
- - середня довжина перегону, км.

На наступному етапі був проведений аналіз сумісного впливу місткості та питомої потужності транспортних засобів, так як на автобуси більшої місткості встановлюють більш потужні двигуни. Графічна інтерпретація цього впливу наведена на рис. 8.



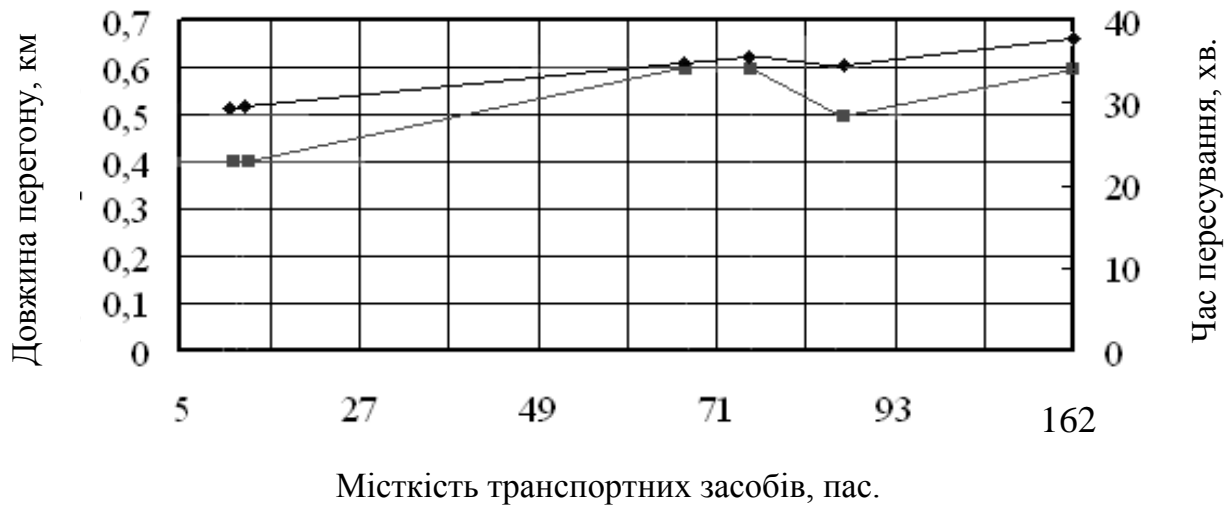


Рис. 8. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від місткості транспортних засобів з урахуванням їх питомої потужності:

- ◆— - витрати часу, хв.;
- - середня довжина перегону, км.

Аналіз отриманих результатів дозволив зробити висновок, що наявність точок зміни характеру залежності на рис. 8 зумовлений невідповідністю в зміні місткості і питомої потужності для транспортних засобів. Не всі автобуси відповідають тенденції зменшення питомої потужності при збільшенні місткості. Внаслідок цього і спостерігається зміна характеру залежності між досліджуваними параметрами.

На наступному етапі було проаналізовано вплив коефіцієнта використання місткості на значення досліджуваних факторів (рис. 9).

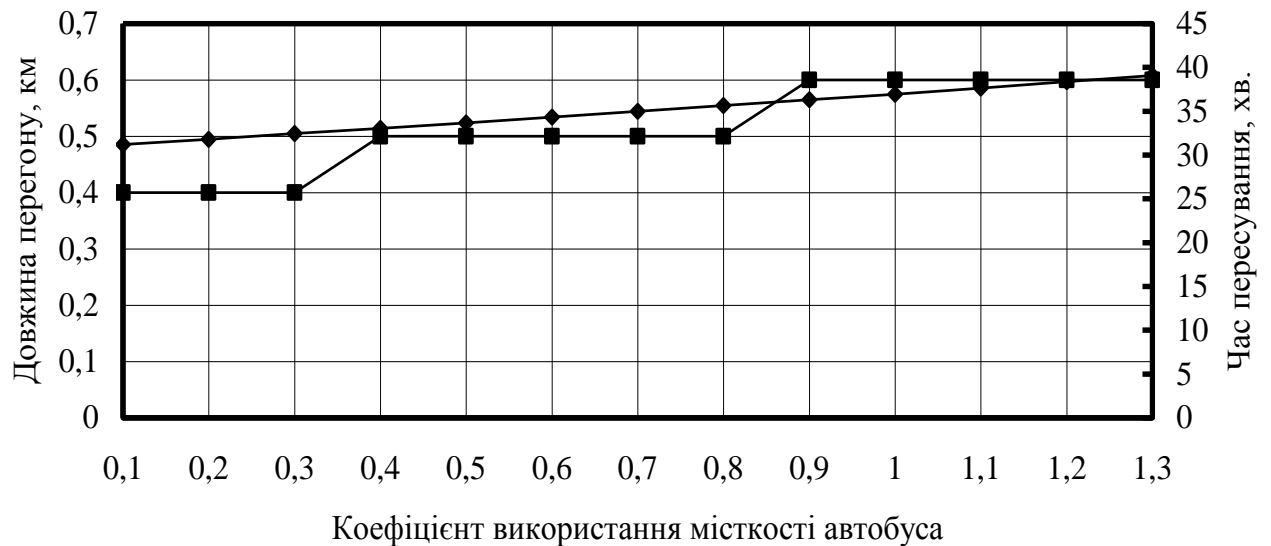


Рис. 9. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від коефіцієнта використання місткості автобуса:

- ◆— - витрати часу, хв.;
- - середня довжина перегону, км.

Було виявлено, що зміна значення цього фактору, яка відбувалася в діапазоні від 1,3 до 0,1 призводить до зменшення витрат часу на пересування з 40 до 31,9 хвилин. Проте, використання рухомого складу з невеликими значеннями цього коефіцієнта в реальних умовах є не допустимим. Отже, в подальших дослідженнях коефіцієнт заповнення салону необхідно змінювати в реальному діапазоні.

При дослідженні впливу довжини маршруту на загальні витрати часу при пересуванні і довжину перегону використовувався діапазон від 5 до 25 км. Було виявлено, що цей фактор не впливає на значення довжини перегону. У той же час витрати часу на пересування змінюють своє значення. Це відбувається внаслідок залежності коефіцієнта змінюваності від довжини маршруту (рис. 10).

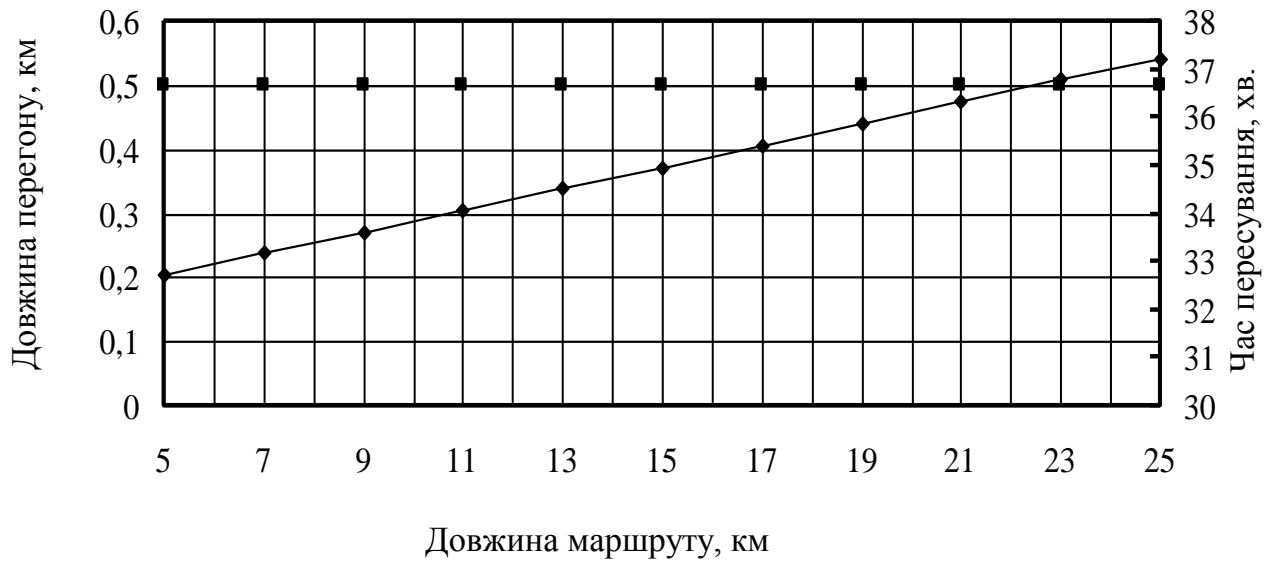


Рис. 10. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від довжини маршруту:

- ◆— - витрати часу, хв.;
- - середня довжина перегону, км.

Далі був проведений аналіз зміни витрат часу на пересування і довжини перегону залежно від значення пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту. Було виявлено, що зі збільшенням значення пасажиропотоку відбувається зменшення часу пересування (рис. 11).

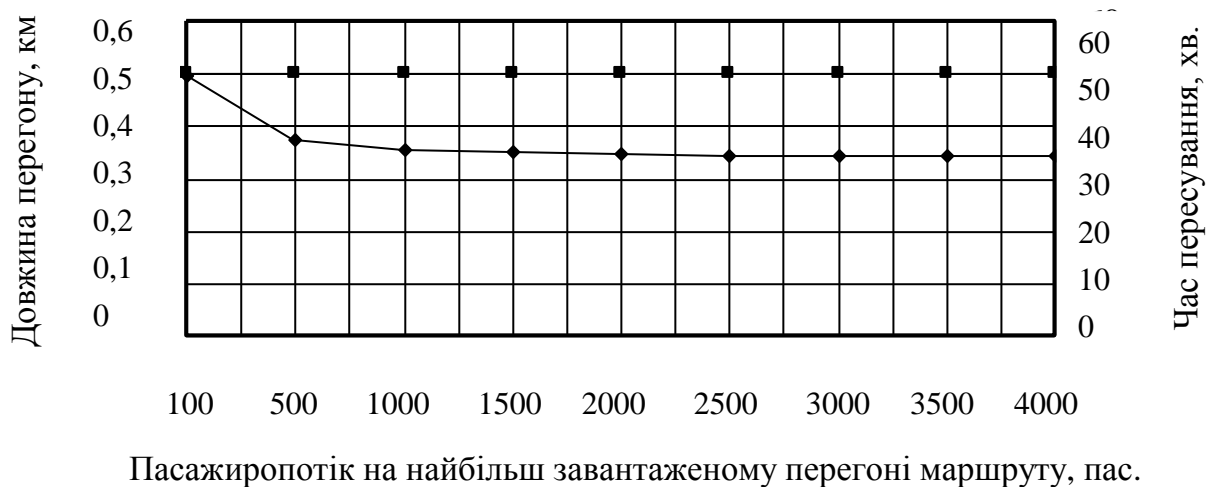


Рис. 11. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту:

- ◆— - витрати часу, хв.;  
 —■— - середня довжина перегону, км.

Це пов'язано зі зменшенням інтервалу руху при збільшенні кількості транспортних засобів, що визначається величиною пасажиропотоку. При цьому довжина перегону залишається постійною. Проте, при аналізі впливу значень пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту необхідно при його зміні корегувати і значення місткості транспортного засобу, що використовується. Графік зміни досліджуваних параметрів з урахуванням зазначених обставин наведений на рис. 12. Як видно з графіка, зміна пасажиропотоку призводить до зміни довжини перегону і часу пересування. Це відбувається за рахунок зміни місткості транспортного засобу. При значенні пасажиропотоку в 100 пас/год і 500 пас/год використовують транспортні засоби марки Газель-32213 і Mazda-E2200 з більшою питомою потужністю, що зумовлює зменшення довжини перегону.

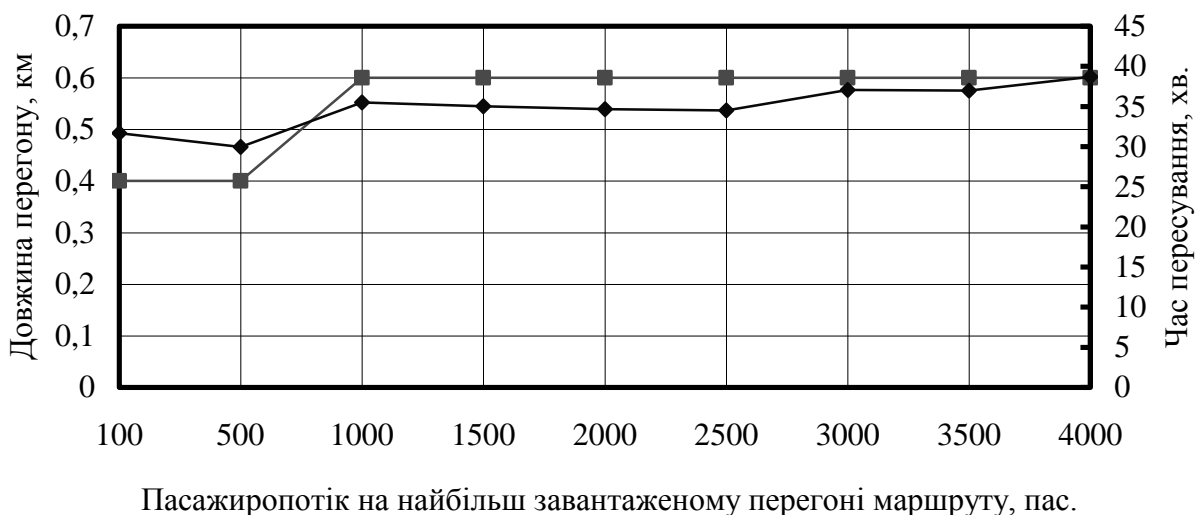


Рис. 12. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від транспортного засобу і пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту:

- ◆— - витрати часу, хв.;  
 —■— - середня довжина перегону, км.

При аналізі зміни мінімальних витрат часу і середньої довжини перегону залежно від середньої відстані поїздки пасажирів, наведених на рис. 13, 14, був виявлений нелінійний характер залежності.

Було виявлено, що для різних поєднань параметрів перевізного процесу, існує таке се-

реднє значення середньої відстані поїздки пасажирів, при якому витрати часу пасажирів стають мінімальними.

Внаслідок цього можливо дійти висновку, що для маршруту перевезення пасажирів з певним значенням середньої відстані поїздки пасажирів, є таке поєднання параметрів перевізного процесу, яке забезпечує мінімальні



Рис. 13. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від середньої відстані поїздки пасажирів за наступних умов:  $\gamma = 0,1$ ;  $K_c = 0,2$ ;  $U = 9,42$

кВт/т;  $V_{II} = 19$  км/год;  $l_M = 7$  км;  $q_n = 12$  пас.;  $F_{max} = 100$  пас/год;  $\delta = 1,4$  км/км<sup>2</sup>:

- ◆— - витрати часу, хв.;
- - середня довжина перегону, км.

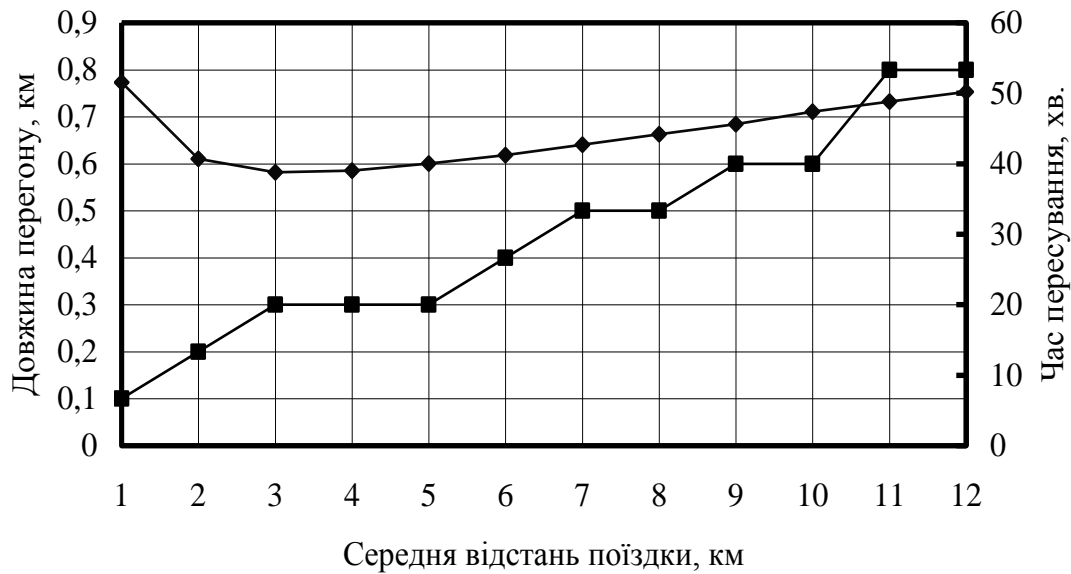


Рис. 14. Зміна мінімальних витрат часу на пересування і середньої довжини перегону залежно від середньої відстані поїздки пасажирів за наступних умов:  $\gamma = 1,3$ ;  $K_c = 0,75$ ;  $U = 32,6$  кВт/т;  $V_{II} = 60$  км/год;  $l_M = 25$  км;  $q_n = 162$  пас.;  $F_{max} = 1500$  пас/год;  $\delta = 2,5$  км/км<sup>2</sup>:

- ◆— - витрати часу, хв;
- - середня довжина перегону, км.

витрати часу пасажирів при пересуванні.

Таким чином, отримані закономірності впливу параметрів перевізного процесу на довжину перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу при пересуванні пасажирів, можна використовувати при розробці моделі зміни середньої довжини перегону. З використанням цільової функції (6) були визначені різні значення довжини перегону, які забезпечують мінімальні витрати часу пасажирів на пересування при різних поєднаннях параметрів перевізного процесу. На підставі отриманих результатів було розроблено багатofакторну модель зміни значення середньої довжини перегону маршруту, яка забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування. Модель має наступний вигляд:

$$l_{n,cp} = 0,26\gamma + 0,07l_{cp} - 0,003V_{II} - 0,04\frac{U}{q_n} + 0,03K_{cm} \quad (7)$$

Після розробки регресійної моделі була проведена її статистична оцінка. Коефіцієнт множинної кореляції моделі дорівнює 0,99, середня помилка апроксимації склала 8,67 %. У результаті проведення представлених розрахунків можна зробити висновок про можливість використання отриманої моделі для визначення значення довжини перегонів для маршрутів

міського пасажирського автомобільного транспорту з різними параметрами процесу перевезення, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів при пересуванні.

## **ВИСНОВКИ**

1. Проведений аналіз методів організації технологічного процесу перевезення пасажирів показав, що зниження витрат часу пасажирів на пересування можливо за рахунок оптимізації довжини перегонів маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту. Існуючі методи оптимізації довжини перегонів не цілком враховують її вплив на технічну швидкість, час простою транспортного засобу на зупиночному пункті та величину інтервалу руху транспортних засобів.

2. Виявлено, що зміна технічної швидкості автобусів на перегоні маршруту і часу його простою на зупиночних пунктах маршруту з достатньою точністю описуються лінійними регресійними рівняннями, в яких як змінні виступають параметри маршруту, транспортних засобів, пасажиропотоку та умови руху.

3. Проведені дослідження показали, що щільність транспортної мережі не впливає на значення довжини перегону, що визначає мінімальні витрати часу пасажирів на пересування.

4. На значення довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, мають вплив фактори, що визначають швидкість автобусів на маршруті, а саме: швидкість транспортного потоку, питома потужність транспортного засобу, коефіцієнт використання місткості.

5. Для маршруту перевезення пасажирів з певним значенням середньої відстані поїздки пасажирів, є таке поєднання параметрів перевізного процесу, яке забезпечує мінімальні витрати часу на пересування.

6. Встановлено, що довжина перегонів, яка забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, з достатньою точністю описується лінійним регресійним рівнянням, у якому як змінні виступають параметри транспортного засобу, пасажиропотоку та умови руху.

## **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Калюжный М.В. Определение влияния длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта на закономерности изменения технической скорости транспортных средств / Максим Калюжный, Юрий Давидич// Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. – 2008. – Вып. 84. – С. 330–334.

2. Калюжный М.В. Закономерности изменения времени простоя транспортных средств на остановочных пунктах маршрута городского пассажирского транспорта / М.В. Калюжный // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2008. – Вип. 2–3. – С. 15–19.
3. Калюжный М.В. К вопросу определения длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта с учетом изменения технической скорости движения автобусов / М.В. Калюжный // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – Вип. 1. – С. 108–113.
4. Калюжный М.В. Моделирование продолжительности простоя транспортных средств на остановочных пунктах маршрута городского пассажирского транспорта / М.В. Калюжный // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2009. – Вип. 2. – С. 14–18.
5. Калюжный М.В. Снижение затрат времени пассажиров на передвижение путем выявления рациональной длины перегона / Максим Калюжный, Юрий Давидич // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. – 2009. – Вып. 88. – С. 309–313.
6. Калюжный М.В. Закономерности изменения средней длины перегона, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение / Ирина Энглези, Максим Калюжный // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2010. – Вип. 1. – С. 4–9.
7. Калюжный М.В. Анализ влияния параметров перевозочного процесса на затраты времени пассажиров при передвижении и среднюю длину перегона, обеспечивающую эти затраты / М.В. Калюжный // Вісник Донецького інституту автомобільного транспорту. – 2010. – Вип. 2. – С. 4–9.
8. Калюжный М.В. Анализ влияния параметров перевозочного процесса на затраты времени пассажиров при передвижении и среднюю длину перегона, обеспечивающую эти затраты / М.В. Калюжный // Логістика промислових регіонів: між нар. наук. –техн. конф., 26-28 травня 2010 р. : тези докл. – Донецьк-Маріуполь: Донецька академія автомобільного транспорту-Приазовський державний технічний університет, 2010. – С. 311 – 314.



## АНОТАЦІЯ

**Калюжний М.В. Визначення довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту. – Рукопис.**

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківська національна академія міського господарства, Харків, 2010.

Дисертація присвячена визначенню довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування. В роботі на підставі аналізу методів організації перевезень пасажирів для зменшення витрат часу на пересування були визначені фактор, що впливають на час пересування пасажирів. Це дозволило розробити математичні моделі, які описують вплив довжини перегону маршруту міського пасажирського автомобільного транспорту на технічну швидкість транспортного засобу на перегоні маршруту і тривалість його простою на зупиночних пунктах. З використанням розроблених моделей визначені закономірності зміни середньої довжини перегону, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, залежно від параметрів перевізного процесу. Це дозволило розробити рекомендації щодо визначення середньої довжини перегону міського пасажирського автомобільного транспорту, що забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування. Встановлено, що довжина перегонів, яка забезпечує мінімальні витрати часу пасажирів на пересування, з достатньою точністю описується лінійним регресійним рівнянням, в якому як змінні виступають параметри транспортного засобу, пасажиропотоку та умови руху.

**Ключові слова:** маршрут, маршрутна мережа, перегон, міський пасажирський транспорт, пасажир, час пересування.

## АННОТАЦИЯ

**Калюжный М.В. Определение длины перегона маршрута городского пассажирского автомобильного транспорта. – Рукопись.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Харьковская национальная академия городского хозяйства, Харьков, 2010.

Диссертация посвящена определению длины перегона маршрута городского пассажирского транспорта, которая обеспечивает минимальные затраты времени пассажиров на передвижение.

Одним из основных параметров, влияющим на все показатели перевозочного процесса, в том числе и на время передвижения, является длина перегона маршрута городского пассажирского транспорта. Существующие методы оптимизации длины перегона не полностью учитывают ее влияние на техническую скорость, время простоя транспортного средства на остановочном пункте, величину интервала движения транспортных средств. Анализ факторов, влияющих на длину перегона маршрута городского пассажирского автомобильного транспорта, и затраты времени пассажиров на передвижение, позволил выявить их совокупность, которая была использована при натурных обследованиях с целью фиксации фактических величин. На основании полученных результатов обследования были разработаны математические модели, описывающие влияние длины перегона маршрута городского пассажирского автомобильного транспорта на техническую скорость транспортного средства и продолжительность его простоя на остановочных пунктах. Для достижения поставленной цели работы было проведено математическое описание затрат времени на передвижение как функции от параметров маршрута, транспортных средств, пассажиропотока и условий движения. Проведенные исследования показали, что технологические параметры перевозочного процесса определяют длину перегона, обеспечивающую минимальные затраты времени пассажиров на передвижение. С использованием предложенной целевой функции были определены значения длины перегона, которые обеспечивают минимальные затраты времени пассажиров на передвижение при различных сочетаниях параметров перевозочного процесса. Анализ полученных результатов показал, что существенным образом на значение длины перегонов, обеспечивающей минимальные затраты времени пассажиров на передвижение, оказывают влияние факторы, определяющие скорость сообщения автобусов на маршруте. Установлено, что средняя длина перегона, обеспечивающая минимальные затраты времени пассажиров на передвижение, с достаточной точностью описывается линейным регрессионным уравнением, в котором в качестве переменных выступают параметры транспортного средства, пассажиропотока и условия движения.

**Ключевые слова:** маршрут, маршрутная сеть, перегон, городской пассажирский транспорт, пассажир, время передвижения.

## THE SUMMARY

**Kalyugniy M.V. Determination of length of driving of route of public passenger motor-car transport. – the manuscript.**

The dissertation for a scientific degree of the candidate of engineering sciences in speciality 05.22.01 – transportation systems; Kharkiv national academy of municipal economy, Kharkiv,

2010.

Dissertation is devoted determination of length of distillation of route of public passenger motor-car transport, that secures minimum charges of time of passengers on the movement. In work on the basis of analysis of methods of organization of transportations of passengers for reduction of charges of time on the movement developed mathematical models, which describe influencing of length of distillation of route of public passenger motor-car transport on the technical speed of vehicle transport on distillation of route and duration of its outage on the zoupinochnih points. With the use of the developed models definite conformities to the law of change of middle length of distillation, that secures minimum charges of time of passengers on the movement, depending on the parameters of vehicular process, that allowed to develop recommendations in relation to determination of middle length of distillation of public passenger motor-car transport, that secures minimum charges of time of passengers on the movement. It is set, that length of races, which secures minimum charges of time of passengers on the movement, with the sufficient exactness is described by the linear regressive evening, in which as in-out parameters come forward parameters of vehicle transport, pasagiropotocou and condition of motion.

**Key words:** route, rout network, driving, public passenger transport, passenger, time of movement.

М.В. Калюжний

Визначення довжини перегону маршруту  
міського пасажирського автомобільного транспорту

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Відповідальний за випуск І.Е. Линник

---

Підписано до друку 09.03.2011р. Формат 60×84 1/16. Папір офсетний.  
Друк на ризографі. Умовн.-друк. арк. 0,9 Зам. № \_\_\_\_\_. Тираж 100 прим.

---

ТОВ „Видавництво „ФОРТ”

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців

ДК №333 від 09.02.2001р.

61023, м.Харків, а/с 10325. Тел. (057) 714-09-08